

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 23320071152166

UDC _____

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

WCDMA 空中接口分析仪设计与实现

The Design and Realization of WCDMA Radio Interface Analyzer

李木金

指导教师姓名: 姚彦 教授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩日期: 2010 年 月

学位授予日期: 2010 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文而产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

WCDMA 是第三代移动通信系统的四大标准之一，能够提供多媒体业务和高速数据业务。凭借其自身优势，为越来越多的移动通信运营商和设备提供商所接受，已形成了完整成熟的产业链。目前，WCDMA 在我国实现了商用化。WCDMA 空中接口分析仪可以运用于网络优化、网络监测等场合。因此，其设计与实现研究具有很好应用价值。

本课题的研究目标是 WCDMA 空中接口分析仪的设计实现。本文主要工作是 WCDMA 协议栈接入层相关部分设计与实现。文中首先全面阐述 WCDMA 的发展现状、协议的标准化进程及 WCDMA 空中接口分析仪研究现状与发展趋势。在研究 WCDMA 空中接口分析仪的原理和结构基础上着重对 WCDMA 协议栈接入层进行深入的研究，提出 WCDMA 接口分析仪的协议栈实现方案。按照 3GPP 标准中 MAC 层，RLC 层，RRC 层上下行接收部分相关定义，设计实现了 MAC 层、RLC 层、RRC 层的接收功能、各层实体模块接口、软件测试等。最后进行了系统测试，给出软件测试方法、测试流程，并给出测试结论。

经过对所开发的协议代码的测试证明，本文提出设计实现方案成功对空中接口进行接收解析，达到了预期的目标。本文的研究工作同时为进一步研究和实现 WCDMA 协议栈奠定了基础。

关键词： WCDMA 协议栈；空中接口分析仪；软件开发与测试

ABSTRACT

WCDMA is one of the four standards of the 3G mobile communication, providing with multimedia services and high-speed digital services. WCDMA is accepted by more and more Mobile operators and mobile equipment suppliers. As a result, a complete industrial chain has been formed. At present, WCDMA has achieved commercialization in China. WCDMA radio interface analyzer can be used in mobile network optimization, network monitoring and other occasions. Therefore, its design and implementation is the focus of research with great practical.

The aim of our research project is the design and realization of WCDMA radio interface analyzer. The development of protocol stack is the main topic of this dissertation. This dissertation first comprehensive exposes the development situation and trend of WCDMA, the standardization process of WCDMA protocol stack and the development situation of WCDMA radio interface analyzer. Based on the study of the principles and structure of WCDMA radio interface analyzer, the implementation scheme of the protocol stack for WCDMA radio interface analyzer is proposed. In accordance with the relevant definitions of the receiving and processing downlink and uplink signals of MAC layer, RLC layer, RRC layer in the 3GPP standards, the design and realization of the reception of MAC layer, RLC layer, RRC layer, the interfaces between the entities of the layers and software testing are proposed. Finally, the methods, procedures and conclusions of software testing are given.

After testing work, it is proved that the scheme of this dissertation achieves the expectant objectives which is the reception and analysis of the radio interface. The research of this dissertation also provides the foundation of further research and development of WCDMA protocol stack.

Key Words: WCDMA Protocol Stack, Radio Interface Analyzer, Software Development and Testing

目 录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 WCDMA发展现状与趋势	1
1.1.2 WCDMA空中接口分析仪的研究现状与发展趋势	3
1.2 课题意义与研究内容	3
1.2.1 课题意义	3
1.2.2 研究内容	4
第二章 WCDMA空中接口分析仪的基本原理简介	5
2.1 WCDMA空中接口分析仪的原理	5
2.2 硬件结构简介	6
2.3 软件结构简介	7
2.4 开发环境与工具	8
2.5 本章小结	8
第三章 WCDMA空中接口及协议简介	9
3.1 WCDMA空中接口概述	9
3.2 MAC层概述	11
3.2.1 MAC层功能	11
3.2.2 MAC层实体	13
3.2.3 MAC层协议数据单元（PDU）结构	14
3.3 RLC层概述	18
3.3.1 RLC层功能	18
3.3.2 RLC层服务模型	20
3.3.3 RLC层协议数据单元（PDU）结构	23
3.4 RRC层概述	27
3.4.1 RRC层功能	27
3.4.2 RRC层模型	29

3.4.3 RRC层状态及状态转移	30
3.4.4 RRC层主要信令过程	32
3.5 本章小结	35
第四章 WCDMA空中接口分析仪协议栈设计与实现.....	36
4.1 WCDMA空中接口分析仪设计方案.....	36
4.1.1 WCDMA空中接口分析仪协议栈实现设计	36
4.1.2 接口概述	37
4.2 MAC层设计方案.....	37
4.2.1 MAC层与主控接口消息	38
4.2.2 MAC层与物理层接口消息	39
4.2.3 MAC层与RLC层接口消息	40
4.2.4 MAC层接收处理流程	41
4.3 RLC层设计方案.....	45
4.3.1 RLC层与主控接口消息	47
4.3.2 RLC层与MAC层接口消息	48
4.3.3 RLC层与RRC层接口消息	48
4.3.4 数据缓冲区设计	49
4.3.5 RLC层接收处理流程	50
4.4 RRC层设计方案	55
4.4.1 RRC层与主控接口消息	56
4.4.2 RRC层与RLC层接口消息	58
4.4.3 RRC层接收处理流程	58
4.5 本章小结	59
第五章 软件测试与测试结果.....	61
5.1 软件测试简介	61
5.2 分析仪软件测试	62
5.3 分析仪软件测试结果	63
5.4 本章小结	65
第六章 总结与展望.....	66

6.1 总结	66
6.2 展望	66
参考文献	67
硕士期间发表的论文	69
硕士期间参与的科研项目	69
致 谢	70

CONTENTS

1.Introduction	1
1.1Research background.....	1
1.1.1 Developmemt situation and trend of WCDMA.....	1
1.1.2 Developmemt situation and trend of WCDMA radio interface analyzer	3
1.2 The contents and Significance of the research	3
1.2.1 The significance.....	3
1.2.2 The contents.....	4
2. Basic principles of WCDMA radio interface analyzer	5
2.1 Principles of WCDMA radio interface analyzer.....	5
2.2 Outline of hardware structure.....	6
2.3 Outline of software structure.....	7
2.4 Development environment and tools.....	8
2.5 Conclusion	9
3.1 WCDMA Radio Interface and Protocol	9
3.1 Outline of WCDMA Radio Interface	9
3.2 Outline of MAC layer.....	11
3.2.1 Functions of MAC layer	11
3.2.2 Entities of MAC layer.....	13
3.2.3 PDU structure of MAC layer.....	14
3.3 Outline of RLC layer	18
3.3.1 Functions RLC layer.....	18
3.3.2 Service Models of RLC layer	20
3.3.3 PDU structure of RLC layer	23
3.4 Outline of RRC layer.....	27
3.4.1 Functions RRC layer	27
3.4.2 Models of RRC layer.....	29
3.4.3 RRC States and State Transitions	30
3.4.4 RRC main signaling procedures	32
3.5 Conclusion	35

4.Design and Realization of Protocol Stack	36
4.1 Scheme of WCDMA Radio Interface Analyzer	36
4.1.1 Design and realization of protocol stack	36
4.1.2 Outline of interface	37
4.2 Design of MAC layer	37
4.2.1 4.2.1 Interface of MAC layer and the Control Module	38
4.2.2 Interface of MAC layer PHY layer	39
4.2.3 Interface of MAC layer RLC layer	40
4.2.4 Receiving procedure of MAC layer	41
4.3 Design of RLC layer	45
4.3.1 Interface of RLC layer and the Control Module	47
4.3.2 Interface of RLC layer MAC layer	48
4.3.3 Interface of RLC layer RRC layer	48
4.3.4 Design of Buffer	49
4.3.5 Receiving procedure of RLC layer	50
4.4 Design of RRC layer	55
4.4.1 Interface of RRC layer and the Control Module	56
4.4.2 Interface of RRC layer RLC layer	58
4.4.3 Receiving procedure of RRC layer	58
4.5 Conclusion	59
5. Software Testing and Testing Conclusion.....	61
5.1 Outline of software testing	61
5.2 Software testing of the Analyzer	62
5.3 Results of software testing	63
5.4 Conclusion	65
6. Summary and Outlook	66
6.1 Summary	66
6.2 Outlook	66
References	67
Published and Accepted Paper List	69
Participated Research Projects	69
Acknowledgement	7070

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 研究背景

自 20 世纪 60 年代末蜂窝式移动通信问世以来，特别是近 20 年来，移动通信技术快速发展，已成为应用最广泛的通信手段。蜂窝式移动通信的历史虽然不长，但其发展已经经历了三代，第一代以美国的高级移动电话服务（AMPS, Advanced Mobile Phone Service）系统和英国的全球通信接入系统（TACS, Total Access Communications System）为代表，采用模拟通信技术；第二代以美国的 IS-95（窄带 CDMA）和欧洲的 GSM（Global System for Mobile Communications, 全球移动通信系统）为代表，采用窄带数字通信技术^[1]。

随着经济社会的发展，第一代、第二代移动通信技术已经无法满足人们日益增长的需求了，3G 技术应运而生。第三代移动通信系统最早于 1985 年由国际电信联盟（ITU）提出，当时又称为未来公众陆地移动通信系统（FPLMTS），1996 年更名为 IMT-2000（国际移动通信-2000），意即该系统工作在 2000MHz 频段，最高业务速率可达 2000kb/s，预期于 2000 年左右得到商用，第三代移动通信的标准化工作从 1997 年开始进入实质阶段^[2]。

目前形成的 3G 主要标准有 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 和 Wimax，其中 Wimax 是在 2007 年经国际电信联盟（ITU）批准成为全球第四大 3G 移动通信标准。WCDMA 的标准由标准化组织 3GPP 负责推动^[3]。

1.1.1 WCDMA 发展现状与趋势

第三代移动通信合作伙伴项目（3GPP, 3rd Generation Partnership Project）3GPP 负责 WCDMA 的标准化。

3GPP 于 1998 年成立，主要成员有：欧洲（ETSI）、韩国（TTA）、日本（ARIB/TTC）和美国（T1P1）的标准化组织^[4]；隶属于各个标准化组织的公司、运营商和设备商也是 3GPP 的成员；1999 年，CWTS（中国无线通信标准组织）也加入了 3GPP；另外 3GPP 还包括一些市场代表（MRP, Market Representation Partners），如 GSM

协会, UMTS 论坛, 全球移动供应商协会, IPv6 论坛、通用无线通信联盟 (UWCC)。

3GPP 由五个技术规范组 (TSGs) 构成: 核心网标准化组 (TSG CN)、无线接入网标准化组 (TSG RAN)、业务与系统标准化组 (TSG SA)、终端标准化组 (TSG T)、GSM/EDGE 无线接入网标准化组 (TSG GERAN)。其中无线接入网标准化组 (TSG RAN) 分成四个工作组 (WGs)^[5]: WG1 负责物理层, WG2 负责 2 层与 3 层, WG3 负责体系结构接口, WG4 负责无线性能与 RF 参数。

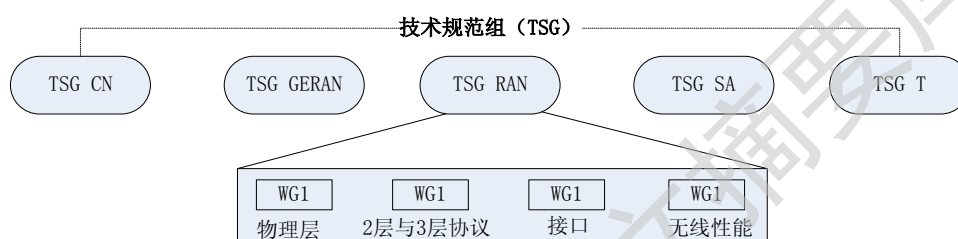


图 1.1 3GPP 组织

从 1999 年 R99 版本至 2008 年 12 月 R8 版本冻结, 3GPP 共发布了 R99、R4、R5、R6、R7、R8 六个版本。各个版本的发布使 WCDMA 的技术标准得到进一步完善。1999 年年底, 3GPP 形成第一个 WCDMA 标准完整版 R99。该版本主要定义了接入网部分, 在核心网方面尽可能沿用了 GSM 已有的结构^{[6] [7]}。R4 版本在 2001 年 3 月冻结, 该版本将核心网电路交换域 MSC 的用户面和控制面分割为媒体网关 (MGW) 和 MSC 服务器。实现了控制与承载的相分离的网络结构^[8]。R5 版本在 2002 年 8 月功能冻结, 在无线接口引入了高速下行分组接入 (HSDPA, High Speed Downlink Packet Access)^[9]。在核心网的分组域引入 IP 多媒体子系统 (IMS)。R6 版本在 2005 年 3 月冻结^[10], R6 进一步完善了 R5 的工作, 主要增加了支持对讲功能 (PTT, Push To Talk)。支持多媒体广播和多播业务 (MBMS) 等。在无线接口上 R6 引入了用于增强上行分组域数据速率的高速上行分组接入 (HSUPA, High Speed Uplink Packet Access)。R7 版本在 2007 年 12 月冻结^[10], 延续了 R6 工作, 完善了无线接入网络、核心网、空中接口和业务。增加了对 900MHz、1.7GHz、2.6GHz 等新频段的支持。采用了 MIMO 技术提高了无线链路增益, 增加了系统容量。对 MBMS、IMS 多媒体电话、SMS、紧急数据呼叫等业务进行定义, 丰富了 IMS 业务。R8 版本在 2008 年 12 月冻结^[10]。R8 在现有的系统基础架构和空中接口技术下, 通过采用高阶调制、OFDM、增强 Node B 切换和无线资源管理功能、

增加 Node B 与核心网的接口等方式达到与 LTE 基本相似的系统延时和传输速率。

WCDMA 凭借其成熟的技术、优质的网络，完善的产业链条，获得了全球众多运营商的青睐。WCDMA 商用网络已覆盖了亚太、欧洲、美洲、非洲等主要市场。迄今为止，全球已发放的 3G 牌照 95% 为 WCDMA 网络。

目前，WCDMA 运营商阵营包括日本电信电话株式会社（NTT DoCoMo）、香港和黄、沃达丰（Vodafone）、中国联通、德国电信（T-Mobile）、西班牙电信（Telefonica）、美国电信营运商 AT&T 等。

2009 年 1 月 7 日，工业和信息化部宣布，批准中国联合网络通信集团公司增加基于 WCDMA 技术制式的 3G 业务经营许可。截止目前，中国联通 WCDMA 网络已覆盖我国 335 个大中城市，基本覆盖我国地市级以上城市、交通干线、重点旅游风景区。目前中国 WCDMA 网络已成为全球最大的 WCDMA 商用网络，用户数达到了 274.2 万。

1.1.2 WCDMA 空中接口分析仪的研究现状与发展趋势

目前，随着 WCDMA 商业用化的展开，已经有 WCDMA 空中接口分析仪产品较为成熟产品面市。目前 WCDMA 空中接口分析仪的研发、制造占主导地位主要是国外大公司。如日本安藤电气株式会社（Ando Electric）生产的 AP-4000、安捷伦公司推出的移动信令分析仪 J7341A。这些仪器基本实现了对空中接口信令解析、显示等功能，支持 R99 版本协议，有些产品已经支持到了 R4 版本。近些年来，我国在 WCDMA 空中接口分析仪研制方面取得了长足进步，研发具有自主知识产权的产品，如 UT 斯达康推出的 RSA999。

虽然目前 WCDMA 空中接口分析仪已经有成熟的产品，但是随着 3GPP 发布新的协议版本，未来空中接口分析仪开发实现应该兼容新的 WCDMA 版本。同时需要在功能上进行扩展，如支持对接入层信令的分析。

1.2 课题意义与研究内容

1.2.1 课题意义

WCDMA 具有成熟的技术、优质的网络，完善的产业链条。从目前的发展现

状和发展趋势看，在国内国际都极具发展前景。WCDMA 空中接口分析仪可以广泛用于系统研发、产品测试、无线网络规划等移动通信领域。尽管目前市场上 WCDMA 空中接口分析仪已有成熟的商业产品，但是出于商业方面的考虑，开发资料都是保密。本文对 WCDMA 协议栈接入层的接收处理部分进行独立自主的研究与实现，是一种尝试性的工作，具有理论探索 and 实际运用价值。

1.2.2 研究内容

本课题是研制 WCDMA 空中接口分析仪，主要主要对 WCDMA 的物理层、协议栈进行实现开发，并在 Linux 系统环境下进行测试。本课题是参照 R8 版本进行开发，同时向下兼容 R3、R4 版本。本文主要工作是对 WCDMA 协议栈接入层接收处理部分的开发，主要包括：

1. 阅读研究 WCDMA 相关标准文件，对 WCDMA 协议栈有整体的认识，并对 WCDMA 协议栈接入层进行深入理解。

2. 开发设计 WCDMA 协议栈中 MAC 层、RLC 层、RRC 层相关部分。并进行测试。

3. 参与整个系统的联合测试。

论文的结构如下：

第一章 绪论。

论述课题的研究背景和贡献。

第二章 WCDMA 空中接口分析仪的基本原理简介

对课题项目整体设计方案的介绍。

第三章 WCDMA 空中接口及协议简介。

对 WCDMA 协议栈接入层空中接口相关部分进行介绍，主要包括 MAC 层、RLC 层、RRC 层相关内容。

第四章 WCDMA 空中接口分析仪协议栈设计与实现。

阐述 WCDMA 空中接口分析仪协议栈接收处理部分实现方案。

第五章 软件测试及测试结果。

第六章 总结与展望。

对论文期间工作的总结及提出未来努力的方向。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库